

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-110571

(43)Date of publication of application : 25.04.1995

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 05-254140

(71)Applicant : TOPPAN PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 12.10.1993

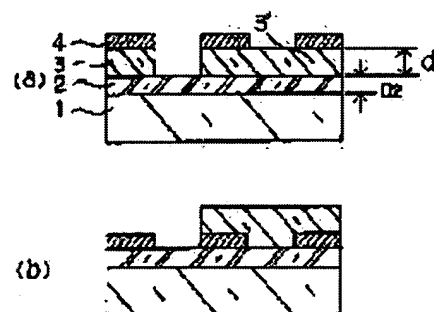
(72)Inventor : FUKUSHIMA YUICHI

(54) OPTICAL MASK AND MASK BLANK

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the size accuracy of resist patterns and to improve resolution by eliminating the difference in transmittance between light transparent parts and phase shift parts relating to the transmittance to exposing wavelengths at the time of executing photoapplication by using the optical mask.

CONSTITUTION: A first transparent layer 2 is formed on a transparent substrate 1 and the phase shift patterns 3' are formed by a second transparent layer 3 thereon. Further, light shielding patterns are formed by a light shielding layer 4 thereon. The light transparent parts consist of the substrate 1 and the first transparent layer 2 and the phase shift parts consist of the substrate 1 and the first and second transparent layers 2, 3. The optical mask is provided with the first and second two transparent layers 2, 3 in such a manner and the phase film thickness of the transparent layer 3 is set at positive integer times of half the exposure wavelength, by which the difference between the transmittance of the light transparent parts and the transmittance of the phase shift parts is eliminated. As a result, the light intensity in the apertures is equaled and the sufficient result of the phase shift is obt'd. The variation in the size of the transferred resist patterns is prevented and the dimensional accuracy is improved as well.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-110571

(43) 公開日 平成7年(1995)4月25日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 P
H 0 1 L 21/027		7352-4M		5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-254140

(22) 出願日 平成5年(1993)10月12日

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 福島 祐一

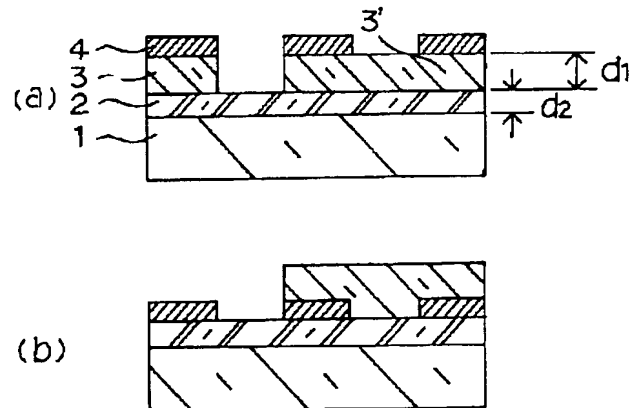
東京都台東区台東一丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(54) 【発明の名称】 光学マスクおよびマスクブランク

(57) 【要約】

【目的】 従来は光透過部と位相シフト部との各透過率に多大な差があるために、露光転写の際に光強度に差が生じて解像度や寸法ばらつきに大きな問題が生じていた状況を改善し、本光学マスクにより露光転写されたレジストパターンが、位相シフト技術を用いない従来の露光法の場合よりも寸法精度が高いことは勿論、解像度向上で充分な効果を上げ、しかも転写パターン寸法のばらつきも低減出来る光学マスクとそれに用いられるマスクブランクとを提供する。

【構成】 透明基板に遮光部、光透過部、そして位相シフト部とを備えた光学マスクにおいて、該光学マスクを使用してフォトリソレーションを行なう際の露光波長に対する透過率に関して、光透過部と位相シフト部との両者の透過率が同等になる層構成にすることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】透明基板に遮光部、光透過部、そして位相シフト部とを備えた光学マスクにおいて、該光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長に対する透過率に関して、光透過部と位相シフト部との両者の透過率が同等であることを特徴とする光学マスク。

【請求項 2】前記光学マスクにおいて、光透過部と位相シフト部との両者の透過率の差が 1%以内であることを特徴とする請求項 1 記載の光学マスク。

【請求項 3】透明基板に遮光部、光透過部、そして位相シフト部とを備えた光学マスクにおいて、該光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長と比較して、位相シフト層として作用する透明層の膜厚が該露光波長の 2 分の 1 の正整数倍であることを特徴とする光学マスク。

【請求項 4】透明基板上に、第一の透明層、第二の透明層、および遮光層がこの順に形成されてなるマスクブラン

クにおいて、該マスクブランクを用いて製造した光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長と比較して、該第二の透明層の膜厚が該露光波長の 2 分の 1 の正整数倍であることを特徴とするマスクブランク。

【請求項 5】前記マスクブランクにおいて、前記第一の透明層は、次に挙げる材料、すなわち、アルミナ、スピネル、酸化錫、タンタル、酸化タンタル、窒化タンタル、サイアロン、酸化インジウムリン、酸化マグネシウム、酸化ジルコン、酸化亜鉛、あるいはフッ化マグネシウム、のうち少なくともいずれかが含まれていることを特徴とする請求項 4 記載のマスクブランク。

【請求項 6】前記マスクブランクにおいて、前記第二の透明層の材料に関して、(イ) 第二の透明層の材料は、第一の透明層のものとは異なっていること、

(ロ) 第二の透明層は、次に挙げる材料、すなわち、二酸化珪素、酸化珪素、窒化珪素、スピノングラス (SOG)、感光性樹脂、酸化アルミニウム、あるいはフッ化マグネシウム、のうちの少なくともいずれかが含まれていること、以上 (イ) および (ロ) を満たすことを特徴とする請求項 4 乃至 5 記載のマスクブランク。

【請求項 7】前記マスクブランクにおいて、その遮光層に関して、(ハ) 遮光層は、単層構造あるいは多層構造のいずれかであること、(ニ) 遮光層には、次に挙げる材料、すなわち、クロム、酸化クロム、あるいは珪化モリブデン、のうちの少なくともいずれかを含む層があること、以上 (ハ) および (ニ) を満たすことを特徴とする請求項 4 乃至 6 記載のマスクブランク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、LSI、VLSI、U

LSI 等々に代表される半導体集積回路の製造をはじめとする極めて微細なパターンをフォトファブリケーションを応用して形成する際に、複製用原版として使用される光学マスク (フォトマスク) およびそれに用いるマスクブランクに係わり、特に位相シフト技術を用いたものに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のフォトマスクでは、微細なパターンの投影露光に際し、近接したパターンはマスクの光透過部を通過した光が回折し、互いに干渉し合うことによって、パターン境界部では光強度が強まり、レジスト上の転写像のうち前記パターン境界部でもが感光してしまい、結果としてウェハー上に転写されたパターンが分離解像しないという不具合が生じていた。そして、高集積化が進んだ半導体集積回路になるほどパターンは著しく微細になってゆくという概ねの傾向もあり、前記のように微細パターンが分離解像しないということは、紛れもなく致命的な重大問題となっていた。この現象は露光波長に近い微細なパターンほどその傾向が強く、原理的には従来のフォトマスクと従来の露光光学系では光の波長以下の微細パターンを解像することは不可能であった。そこで、隣接するパターンを透過する投影光の位相を互いに 180 度とすることにより微細パターンの解像力を向上させるという、いわゆる位相シフト技術を用いたフォトマスク (一般には位相シフトマスクと称される) が開発された。

【0003】すなわち、隣接する相等しい幅の開口部の片側に透明材料よりなる位相シフト部を設けることにより、透過光が回折し干渉し合う際、位相が反転しているために境界部の光強度は逆に弱め合い、強度ゼロになり、その結果として転写パターンは分離解像する。この関係は焦点の前後でも成り立っているため、焦点が多少ずれていても解像度は従来法よりも向上し、焦点裕度が改善される。上記のような位相シフト法は IBM の Levenson らによって提唱され、特開昭 58-173744 号公報に示され、また原理としては特公昭 62-50811 号に記載されている。

【0004】なお、位相シフト効果を最大にするためには、位相反転量を 180° にすることが望ましい。このためには次式、すなわち

$$d = \lambda / \{ 2 (n - 1) \} \quad \cdots (イ)$$

の関係が成り立つように、膜厚 d となる位相シフト層を形成すればよい。ただし、ここで d は位相シフト部膜厚、 λ は露光波長、そして n は屈折率を示す。また、位相シフト効果が得られる膜厚 d の許容範囲は、位相反転量の $\pm 10^\circ$ 以内であればよい。

【0005】さて、図 2 (a) ~ (f) には従来の技術に関わる位相シフトマスクの製造方法を示してある。まず図 2 (a) では、透明基板 11 上にエッチング停止層 12、位相シフト層 13、遮光層 14、電子線レジスト

層15をこの順に設けたことを示す。ついで図2(b)に示すように、所定のリソグラフィ工程により遮光パターンを形成した後、前記電子線レジストを除去する。次に図2(c)では、この基板上に所定の手段でHMDS(ヘキサメチルジシラザン)処理を施し、その上に電子線レジスト層15'、導電性高分子層16をこの順に設け、所定の露光条件で電子線を用いた重ね合わせ描画17を行う。この重ね合わせ描画は、下層にある遮光パターンに対して重ね合わせを行うものであり、遮光パターン中に形成されたアライメントマークを描画装置が電子線走査により読み取り、その情報に基づいて遮光パターンと描画位置との位置座標のずれを補正して位相シフトパターンの描画を行うものである。

【0006】続いて図2(d)に示すように、所定の方法で現像してレジストパターンを形成し、次に図2

(e)に示すように前記レジストパターンおよびその下層の遮光パターンをマスクとして位相シフト層13をエッチングし、位相シフトパターン13'を形成する。最後に、図2(f)のように残ったレジストを除去して位相シフトマスクを得る。

【0007】前記工程中で、遮光層14の材質は一般にクロムの単層構成もしくはクロムや酸化クロム・窒化クロムなどの金属あるいは金属酸化物、金属窒化物の多層構成からなり、位相シフト層13の材質は二酸化珪素

(SiO_2)のような透明性の高い物質からなる。またエッチング停止層12は酸化アルミニウム(Al_2O_3)あるいは窒化珪素(Si_3N_4)などの、透明性が高くかつ位相シフト層のエッチングを行なう条件ではエッチングされない物質からなる。

【0008】また、導電性高分子層16は電子線描画を精度よく行うために設けるものであり、その作用とは、電子線レジストに対して電子線を照射するに際し、透明基板、エッチング停止層、位相シフト層および電子線レジストのいずれもが絶縁性を有するために起こる帯電現象の発生を、前記導電性高分子層16のもつ導電性によって防止するものである。前記導電性高分子層16は一般に溶剤または水への浸漬処理により容易に除去でき、アルカリ性レジスト現像液で除去できるものもある。

【0009】また、前記HMDSとはいわゆるシランカップリング剤の一種であり、親水性表面にこれを塗布することにより疎水化するための界面活性剤としての効果を有する。このときHMDSは、 SiO_2 からなる材質の表面に存在する親水性の-OH基とカップリング反応を起こし、表面に疎水性の基をつくることができ、これによって親水性の SiO_2 と疎水性のレジストとの中間層としての役割を果たし、接着性を改善する。なお、HMDS自身は常温では揮発性を有し、表面改質にあらずかた分子層以外は揮発するため、その後のリソグラフィ処理工程においては何ら影響を与えず、HMDSの除去処理は必要ない。

【0010】前記位相シフト層のエッチング方法としてはウェットエッチングあるいはドライエッチングのうちのいずれも可能であるが、エッチングストッパー層材料としてはこれらのエッチング方法に対応した耐性の高い材料を用いる。

【0011】ここで、前記光透過部とは位相シフト層がエッチングによって除去された部分を表し、前記位相シフト部とは位相シフト層が残り、かつ遮光層が除去された部分を表す。また、本発明で称する光学マスクあるいは単にマスクとは、半導体集積回路の主要な製造装置のひとつである投影露光装置もしくは縮小投影露光装置

(一般にはステッパーと称する)に装着して使用される露光用原版を表すが、一般にはフォトマスクあるいはレチクルと表現する場合もある。

【0012】ところが、上記の従来の技術による方法で製造されたマスクは、投影露光装置に装着して露光した際に、光透過部と位相シフト部との間でマスク全体として透過率に差が生じることにより、前記の位相シフト効果が十分に得られないという欠点があった。

【0013】すなわち、図4に示すように、露光の際にマスクを透過する入射光のうち光透過部を通る光(P1)は透明基板およびエッチング停止層のみを通過し、位相シフト部を通る光(P2)は透明基板およびエッチング停止層と位相シフト層を通過する。ここで、エッチング停止層と位相シフト層とは使用されている材料が異なるため、それらの光学定数(屈折率)も異なる。そして、光の屈折と反射の法則から、入射光は透明膜中で反射・干渉を生じ、透過率が変化することが明らかである。

【0014】そして、透過率の変化量は、膜による光の吸収がない場合でも膜の構成や膜厚・屈折率により様々である。前記の場合光透過部と位相シフト部との透過率は単層膜と2層膜の差異とみなすことができ、一般には透過率は一致せず、透過率の差を生じてしまう。その結果として、例えば、光透過部と位相シフト部との各開口幅がもし同じである場合であっても透過率には差があることから、この光学マスクを用いて露光転写を行った際には、それぞれの開口部の光強度には差が生じてしまい、転写パターン寸法精度に対して図らずも多大な悪影響を与えることになる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明は前記問題点を鑑みなされたものであり、その目的とするところは、従来の技術に係る光学マスクのように、光透過部と位相シフト部との各透過率の間に問題となる差があるために、露光転写を行った際にそれぞれの開口部の光強度に差が生じてしまうことから前記のような不具合が発生していた状況を改善し、光学マスクを使用した露光により転写されたレジストパターンに関して、位相シフト技術を用いない従来の露光法の場合よりも寸法精度が高いことは

勿論、解像度向上で十分な効果を上げることが出来、しかも転写パターン寸法のばらつきも低減出来る光学マスクとそれに用いられるマスクブランクとを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本発明が提供する手段とは、すなわち、透明基板に遮光部、光透過部、そして位相シフト部とを備えた光学マスクにおいて、前記光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長に対する透過率に

10 関して、光透過部と位相シフト部との両者の透過率が同等であることを特徴とする光学マスクである。

【0017】好ましくは、前記光学マスクにおいて、光透過部と位相シフト部との両者の透過率の差が1%以内であることを特徴とする前記の光学マスクである。

【0018】あるいは、透明基板に遮光部、光透過部、そして位相シフト部とを備えた光学マスクにおいて、前記光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長と比較して、位相シフト層として作用する透明層の膜厚が前記露光波長の2分の1の正整数倍

20 であることを特徴とする光学マスクである。

【0019】あるいは、透明基板上に、第一の透明層、第二の透明層、および遮光層がこの順に形成されてなるマスクブランクにおいて、前記マスクブランクを用いて製造した光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長と比較して、前記第二の透明層の膜厚が前記露光波長の2分の1の正整数倍であることを特徴とするマスクブランクである。

【0020】好ましくは、前記マスクブランクにおいて、前記第一の透明層は、次に挙げる材料、すなわち、アルミナ、スピネル、酸化錫、タンタル、酸化タンタル、窒化タンタル、サイアロン、酸化インジウムリン、酸化マグネシウム、酸化ジルコン、酸化亜鉛、あるいはフッ化マグネシウム、のうち少なくともいずれかが含まれていることを特徴とする前記のマスクブランクである。

【0021】また好ましくは、前記マスクブランクにおいて、前記第二の透明層の材料に関して、(イ)第二の透明層の材料は、第一の透明層のものとは異なっていること、(ロ)第二の透明層は、次に挙げる材料、すなわち、二酸化珪素、酸化珪素、窒化珪素、スピノングラス(SOG)、感光性樹脂、酸化アルミニウム、あるいはフッ化マグネシウム、のうちの少なくともいずれかが含まれていること、以上(イ)および(ロ)を満たすことを特徴とする前記のマスクブランクである。

【0022】さらに好ましくは、前記マスクブランクにおいて、その遮光層に関して、(ハ)遮光層は、単層構造あるいは多層構造のいずれかであること、(ニ)遮光層には、次に挙げる材料、すなわち、クロム、酸化クロム、あるいは珪化モリブデン、のうちの少なくともい

れかを含む層があること、以上(ハ)および(ニ)を満たすことを特徴とする前記のマスクブランクである。

【0023】さて、以下では、図面を参照しつつ本発明をより詳細に説明する。図1(a)は本発明に係わる光学マスクの一実施例の概略の構成を示した図である。まず、透明基板1上に第一の透明層2が形成され、その上に第二の透明層3により位相シフトパターンが形成される。さらにその上に、遮光層4により遮光パターンが形成されているものである。ここで、前記エッチング停止層は第一の透明層に相当し、前記位相シフト層は第二の透明層に相当する。また、この構成からわかるように、前記光透過部は基板と第一の透明層から成り、前記位相シフト部は基板および第一の透明層と第二の透明層とから成る。

【0024】なお、ここでいう位相シフト層とは、光学マスクの面内を見渡して開口部の層構成を見比べた際に、透明基板を含めて透明で最も薄い層構成の部分

20 基準として、これよりも厚い透明な層構成となる部分で、前記基準となる層構成の部分との厚さの差をなす透明な層の部分

【0025】第二の透明層3の膜厚(d_2)は次の(ロ)式で表される。

$$d_2 = (1/2) \cdot m\lambda / n \quad (\text{ロ})$$

(λ :露光波長、 n :透明層屈折率、 m :正整数)光学薄膜の理論において、光の屈折・反射の法則から導かれるように、透明膜の膜厚が透過光の波長の2分の1の整数倍に等しいときの透過率は、膜の干渉による反射が無くなるために変化せず、これはとりもなおさず基板のみの場合の透過率に等しいといえる。すなわち光学的には膜が無い場合と同等に取り扱える。そしてこのように設定することにより、光学的にはあたかも第二の透明層は存在しないかのように振る舞う。すなわち、第一の透明層のみの場合と、第一の透明層と第二の透明層とが重なる場合とは、透過率が等しくなる。またこの結果は、第一の透明層の膜厚や屈折率のいずれにも依存しない。

【0026】従って、第二の透明層の条件を(ロ)式のように設定することにより、前記光透過部と位相シフト部との両者の透過率の差を無くすることができる。ただし、透過率の絶対値は第一の透明層の干渉効果によって変化するので、透過率の値を所定の値以上とするためには第一の透明層の透過率を考慮することも必要になる。すなわち、この場合には第一の透明層の材料となるべく透明性の高い者にする

こと、および第一の透明層の膜厚を支障ない程度に薄くすること、などにより対処すればよい。

【0027】ところで、一般に、透明基板および透明多層膜から構成される場合の透過率あるいは反射率は、それらの膜厚や光学定数をパラメータとして計算することが出来る。この計算に係わる理論自体の詳細について

は、一般論として光学薄膜を扱った文献等で既に公知となっており、例えばそれらを参照することが出来る。そして、本発明に係わる光学マスクおよびマスクブランクの層構成に関して前記光学薄膜の理論を適用して光学的な観点から計算を行い、計算結果から得られる第一の透明層の膜厚と位相シフト部の透過率との間の関係を図示したものが図5である。さて、ここでこの結果を考察してみると、逆に、位相シフト部の透過率を所定の値とするときの第一の透明層の膜厚を見積もることもできる。このことから、もし第二の透明層が前記(ロ)式に基づく条件に設定出来ていれば、位相シフト部の透過率には変化が無く、第一と第二との両透明層があるにも係わらず第一の透明層のみがある場合と等価な透過率となる。

【0028】図1(b)も本発明の光学マスクの構成を示した図であるが、その構成は(a)と異なり、透明基板1上に第一の透明層2、その上に遮光層4が形成されており、その上に第二の透明層3が形成され、それぞれの層がパターン形成されているものである。しかし、光透過部および位相シフト部の層の構成は同じであるため、図1(a)の場合とまったく同様のことがいえる。

【0029】なお、第二の透明層3の最適となる膜厚は、前記(ロ)式から算出される。つまり、第二の透明層3の材料を例えばSiO₂とすると、SiO₂の屈折率を1.48、露光波長λを365nm(i線)とした場合で、膜厚d₂=m×123.3(nm)となる。

【0030】ただし次の理由から、この膜厚としては、ある程度の範囲設定を設けてその範囲内の膜厚であれば実用上は最適値としても支障が無い、という範囲がある。つまり、その範囲内の膜厚であれば、隣接する開口部からの透過光の位相をずらして互いに光強度を相殺させ、微細パターンを分離解像させる効果は十分に得られる。すなわち、位相シフト技術による前記の効果を厳密に最大限に得るためには、位相差が180°になるような膜厚である必要があり、その膜厚は前記(イ)式から算出され約380nmとなるのであるが、実際には位相反転量180°に対して±10°の範囲内にあれば前記の効果は実用上では充分に得られる(このことは公知である。)ことから、実用上の最適膜厚は約360~400nmの範囲内にあればよい、ということになる。そこで、膜厚d₂がこの範囲内となる正整数mの値は3であり、このときd₂は約370nmとなる。このようにして、透過率および位相差の条件を両方満足する膜厚条件を導くことができる。

【0031】第一の透明層2の膜厚は、前述のようにその領域に設けられた層構成の全層からなる透過率を変化させる要因となる。そして、通常の露光用光学マスクとしては、光透過部の透過率は70%以上が望ましい。これらのことから、第一の透明層の膜厚範囲を考慮する必要がある。

【0032】さて、前記の図5は計算により得られた結

果であり、縦軸に位相シフト部の透過率、そして横軸に第一の透明層の膜厚をとり、これらの関係を示している。なお、このときの条件は、露光波長を365nm、第一の透明層の材質はマグネシアスピネル(屈折率は1.80)、第二の透明層の材質はSiO₂(屈折率は1.48、膜厚は370nm)として計算した例である。この結果から、この条件の下では、第一の透明層の膜厚に関わらず常に透過率70%以上となることが判る。この場合、フォトファブ리케이션を行なう際のマスクの透過率は70%以上であれば充分に露光が可能であるから、第一の透明層の膜厚がどのような値であっても許されるということになる。また、より厳しい条件として、例えば85%以上の透過率を望むならば、この関係から第一の透明層の膜厚の許容範囲が制限されることが判る。従って、このような検討を行うことにより第一の透明層の膜厚について適合条件を導くことができる。ただし、図5のように透過率曲線が波状を示しているが、その振幅の大きさは薄膜の屈折率の大きさに比例するので、第一の透明層の屈折率に係わる透過率の変化を上記のような計算により求めておくことが望ましい。また、遮光層4の膜厚は特に制限はない。但し、膜厚の分布のばらつきやピンホールが発生すること、そしてあまりに厚過ぎると成膜の際に長時間を要して好ましくないこと等を考慮すると、十分な遮光性を有するためには、70~200nmの範囲内にあることが一般には好ましい。

【0033】

【作用】前記従来の技術の項でも述べたように、従来の技術により作製された光学マスクは、投影露光装置に装着して露光した際に、光透過部と位相シフト部との両者の透過率に差が生じてしまうことから、本来期待されていた位相シフト効果が充分に得られないばかりか、転写されるレジストパターンでは寸法ばらつきが却って劣化するという欠点すらあった。一方、本発明に係わる光学マスクは、第一と第二との二つの透明層を有し、第二の透明層の位相膜厚を露光波長の2分の1の正整数倍とすることにより、光透過部の透過率と位相シフト部との透過率との差を解消することができ、これにより開口部の光強度を同等とすることが出来るようになり、十分な位相シフト効果を得られ、転写されたレジストパターンの寸法ばらつきも防ぎ寸法精度を大幅に向上することができる。

【0034】この透過率の差は次に示す理由によって生じている。すなわち、位相シフト部の層構成は基板上に第一の透明層、第二の透明層という2層の透明層が存在しており、露光の際に透過する光はこれら透明薄膜からなる層の間で多重干渉を起こす。このことは2層の材質が異なり屈折率も異なることから、光の反射・屈折の法則により説明される。さらに多重干渉の結果、透過光の透過率が変化する。変化の度合いは透明層の膜厚、屈折

率、吸収係数等の光学定数の値が既知であれば正確に計算することができる。

【0035】さて、光透過部は基板上に第一の透明層だけの単層膜構成となるから、前記位相シフト部とは透過光の干渉の状況が異なるので、位相シフト部と光透過部とで透過率に差が生じることになる。そして、これら二層の透明層と単層の透明層との違いによる透過率の差は、前記のように予め計算で求めることが可能であるため、所定の透過率の差が得られるように、各透明層の膜厚及び光学定数（屈折率、吸収係数）をパラメータとして、これらの層の好ましい設計を行なうことができる。

【0036】

【実施例】図3（a）～（e）は本発明に係わる光学マスクおよび光学マスクブランクの製造工程を示すものである。

【0037】まず図3（a）に示すように、合成石英基板21上に第一の透明層22としてマグネシアスピネル膜（膜厚20nm）、第二の透明層23としてSiO₂膜（膜厚370nm）をこの順に設けた。続いて、遮光層24として、酸化クロム膜・金属クロム膜・酸化クロム膜をこの順に積層した低反射クロム遮光膜（膜厚約110nm）を設け、光学マスクブランクを得た。

【0038】次にこの光学マスクブランクを基板として、図3（b）のように、基板上に電子線レジスト層25としてポジ型レジスト（チソ 製、商品名：PBS）を膜厚500nmに塗布形成した後、所定のプリベーク処理を行ったうえでラスターキャン型電子線描画装置を用いて、加速電圧10kV、ドーズ量約2.5μC/cm²の条件の下で所定のパターンを描画し、しかる後に現像処理を行ってレジストパターンを得た。

【0039】更に図3（c）のように、所定のポストベーク処理後に、前記レジストパターンをマスクパターンとして遮光膜をクロム用エッチング液（硝酸第二セリウムアンモニウム）を用いてウェットエッチングを行い、遮光パターンを形成した。そして、レジスト剥離液を用いてレジストを剥離した。

【0040】続いて、図3（d）に示すように、基板を所定の方法で洗浄し乾燥した後に、まずHMDS処理を施し、次に基板上の全面に電子線レジスト層25'としてポジ型レジスト（東亜合成化学 製、商品名：TTCR、膜厚500nm）及び導電高分子層26（昭和電工 製、商品名：ESPACER100、膜厚約30nm）をスピコート法によりこの順に塗布し、そして所定のプリベーク処理後にベクターキャン型電子線描画装置を用いて、加速電圧20kV、ドーズ量約10μC/cm²の条件の下で重ね合わせ描画27を行い、所定のパターンを描画した。

【0041】次に、所定の現像液（メチルイソブチルケトンとn-プロパノールとの体積比5：5の混合液）を用いて現像し、レジストパターンを得た後、図3（e）

に示すように、レジストパターンおよびその下の遮光パターンをエッチング用マスクパターンとして、平行平板型反応性イオンエッチング装置（RIE装置）を用いてSiO₂膜のドライエッチングを行い、エッチングされた部分の側面の断面形状の直線性が良くエッチング異方性も高いエッチング形状であり、かつ寸法再現性も良い位相シフトパターンが得た。その後、レジストを除去して所望の光学マスクが得られた。

【0042】このときのドライエッチング条件は、C₂F₆ガスとH₂ガスを使用し、その混合比はC₂F₆：H₂=10：1、パワー300W、ガス圧0.03Torrとした。なお、エッチング時間は約15分間であり、SiO₂のエッチングが前記エッチング停止層に達するまで行った。エッチング方法としては、上記の例に限るものではなくドライエッチングとウェットエッチングとのどちらでもよいが、下層にある第一の透明層はこのエッチングに対し耐久性のあるものとする。また、一般には前者の方がエッチング異方性が高い場合が多いことから、状況により適宜に選択して差し支えない。

【0043】第一の透明層2、第二の透明層3、そして遮光層4の成膜方法については、それぞれ公知の薄膜形成法を用いればよい。例えば、スパッタリング法、真空蒸着法、CVD法、そしてイオンプレーティング法などの気相成長法や、あるいは液層成長法などの形成方法があるが、特に限定されるものではない。

【0044】本実施例で得られた光学マスクを用いて、位相シフトマスクを使用する以前から用いている縮小投影露光装置（露光波長365nm）を利用し、シリコンウェハ上へのレジスト層に露光しレジストパターンを形成したところ、最小線幅が約0.3μmの微細パターンを寸法再現性よく得ることが出来、かつチップ内の寸法バラツキも±0.05μm以内という良好な値であった。これらは、従来の技術に係わる位相シフトマスクを用いた場合の寸法バラツキ±0.15μmと比べると、非常に高精度な効果が得られたことが判る。

【0045】

【発明の効果】本発明に係わる光学マスクの構成により得られた光学マスクは、その光学マスクを使用してフォトファブリケーションを行なう際の露光波長に対する透過率に関して、光透過部と位相シフト部との両者の透過率の差を解消することによって、従来技術のままであると両者からの等価光の光強度に差が生じて解像度向上の効果が低下し転写レジストパターンの寸法ばらつきまでも増大してしまう、といった不具合を防止し、そのうえ、位相シフト技術を用いない従来の露光法の場合よりも寸法精度が高いことは勿論、解像度向上で十分な効果を上げることが出来、しかも転写パターン寸法のばらつきも低減出来る光学マスクとそれに用いられるマスクブランクとを提供することが出来た。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係わる光学マスクの一実施例について、その構成の概要を断面図を用いて示す説明図である。(a)、(b))

【図 2】従来の技術に係わる光学マスクの一例について、その構成の概要を断面図を用いて示す説明図である。(a)～(f))

【図 3】本発明に係わる光学マスクの別の実施例について、その製造工程の概要を断面図を用いて示す説明図である。(a)～(e))

【図 4】従来の技術に係わる光学マスクを用いて露光する場合に、この光学マスクを透過する光の概略の様子について、断面図を用いて示す説明図である。

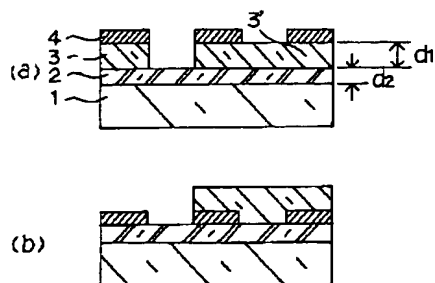
【図 5】本発明に係わる光学マスクによって得られる効果を計算により推定した結果を示す説明図である。

【符合の説明】

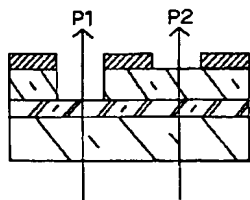
- 1・・・透明基板
- 2・・・第一の透明層
- 3・・・第二の透明層
- 3'・・・位相シフトパターン
- 4・・・遮光層
- d₁・・・第二の透明層の膜厚

- d₂・・・第一の透明層の膜厚
- 11・・・透明基板
- 12・・・第一の透明層
- 13・・・第二の透明層
- 13'・・・位相シフトパターン
- 14・・・遮光層
- 15・・・電子線レジスト層
- 15'・・・電子線レジスト層
- 16・・・導電性高分子層
- 17・・・電子線重ね合わせ描画
- 21・・・透明基板
- 22・・・第一の透明層
- 23・・・第二の透明層
- 24・・・遮光層
- 25・・・電子線レジスト層
- 25'・・・電子線レジスト層
- 26・・・導電性高分子層
- 27・・・電子線重ね合わせ描画
- P1・・・光透過部の入射透過光
- P2・・・位相シフト部の入射透過光

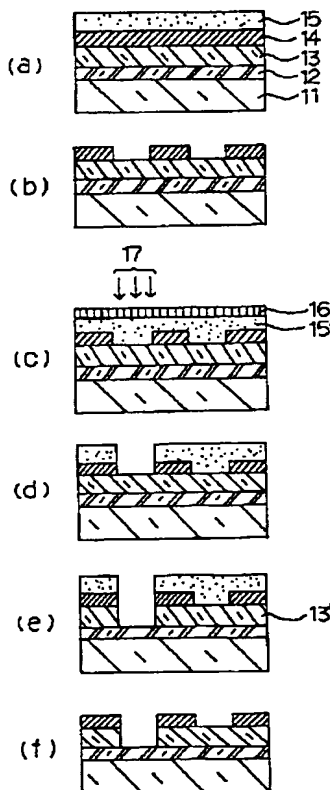
【図 1】



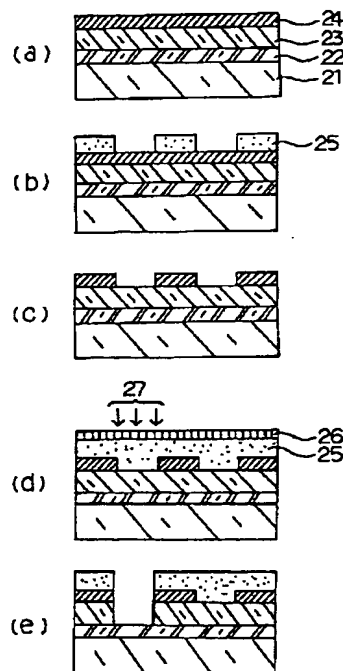
【図 4】



【図 2】



【図 3】



【図 5】

